



Erfaringer fra projekt Dynamisk varmeregnskab

Andersen, Rune Korsholm

Publication date:
2013

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Andersen, R. K. (2013). *Erfaringer fra projekt Dynamisk varmeregnskab*. Center for Indeklima og Energi, Institut for Byggeri og Anlæg, Danmarks Tekniske Universitet.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Rapport om

Erfaringer fra projekt Dynamisk varmeregnskab

Udarbejdet af

Rune Korsholm Andersen

Center for Indeklima og Energi
Institut for Byggeri og Anlæg
Danmarks Tekniske Universitet

November 2013



Indhold

1	Forord	1
2	Indledning.....	1
3	Formål.....	2
4	Beskrivelse af bygningerne	2
5	Grænser for indeklimaklasser	3
5.1	opvarmningssæsonen.....	3
5.2	uden for opvarmningssæsonen	4
6	Målingerne i de to bebyggelser	5
7	Detaljerede målinger fra udvalgte lejligheder	7
8	Beboernes oplevelser.....	11
8.1	Fokus på varmekonsum/varmeregning	11
8.1.1	Reguleringsstrategier i Hanebred	11
8.1.2	Reguleringsstrategier i Egevoften.....	12
8.2	Behov for råd og vejledning	13
8.3	Reaktioner på det dynamiske varmeregnskab	14
8.4	Opfattelse af IC-meters web løsning og månedsopgørelser	15
9	Konklusion	16
10	Referencer	17

Appendiks 1: Krav til Relativ fugtighed uden for opvarmningssæsonen

Appendiks 2: Detaljerede målinger fra udvalgte lejligheder

1 Forord

Denne rapport bygger på indeklimalmålninger og interviews af beboere i to etagebyggerier. Rapporten blev til som en udvidelse af nogle af aktiviteterne i projektet ”Dynamisk varmeregnskab med fokus på indeklimate i lejligheder” (I det følgende benævnt som projekt dynamisk varmeregnskab) som blev tildelt støtte fra almenboliglovens forsøgsmidler i 2011 og skal ses i sammenhæng med den afsluttende rapport herfra.

Relativt tidligt i projektføreløbet i projekt Dynamisk Varmeregnskab stod det klart at ressourcerne til at undersøge effekterne af det dynamiske varmeregnskab var så begrænsede at det ikke ville være muligt at foretage en tilbundsående analyse. Bl.a. derfor, bevilgede Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter en udvidelse af projektets undersøgende aktiviteter. Resultaterne af disse undersøgelser indgår i den afsluttende rapport fra projekt Dynamisk Varmeregnskab, men i oversigtsform. Denne rapport indeholder mere detaljeret beskrivelse af fremgangsmåder og resultater.

2 Indledning

Det dynamiske varmeregnskab drejede sig principielt om at lejerne skal betale for den indeklimate-ydelse de reelt får og har indflydelse på. Det betyder at de kan spare penge ved at have en passende temperatur, luftfugtighed og frisk luft. Hverken for varmt eller koldt, og hverken for meget eller lidt ventilation osv.

Omvendt skal udlejeren kunne høste fordele ved at agere omkostningseffektivt og reducere bygningens energitab via rentable investeringer i klimaskærm og tekniske installationer.

Dette er en markant ændring ift. de eksisterende varmeregnskaber, hvor kunden betaler for målt forbrug, uanset om skyldes brugerens adfærd eller lejemålets energimæssige beskaffenhed.

Kernen i det ”Dynamiske varmeregnskab”, er at lejeren får et klart økonomisk incitament til at agere ”rationelt” ift. sine egne handlemuligheder, og at udlejeren får et tilsvarende incitament til at minimere energispild, der hvor han/hun har dispositionsretten; – klimaskærm og energianlæg.

I projektet blev der installeret indeklimalmålere (IC-Meters) i ca. 70 lejemål hos lejere i Lejebo’s afd. Ege volden II, Ege volden 18 – 22, Hvidovre, og DEAS (Dan-ejendomme) afdeling i Vanløse, Hanebred 16 - 30. Der blev gennemført målninger i fyringssæsonen 2012/2013. Lejerne modtog hver måned et ark der sammenfatter indeklimate i den forudgående måned samt generelle råd. Derudover fik hvert lejemål stillet en privat visning af de detaljerede måledata til rådighed via WEB/Smartphone på www.ic-meter.com, således at de kunne følge sit indeklimate i realtid, se døgngrafer etc.

3 Formål

I projekt dynamisk varmeregnskab blev der installeret én boks med sensorer (fra IC-meter) i entréen i 70 lejemål. Placeringen blev valgt ud fra et ønske om at opnå målinger der var gennemsnitlige for tilstandene i boligen. Valget af sensorernes placering blev truffet ud fra en hypotese om at forholdene i det mest centralt placerede rum i lejemålene vil være bedst dækkende for den gennemsnitlige tilstand i boligen. For at teste denne hypotese, blev der monteret sensorer i flere rum i udvalgte lejemål så det kunne undersøges hvor godt forholdene i boligen blev repræsenteret af målingerne i entréen.

Desværre var det ikke muligt at ændre varmeafregningsformen i de to bebyggelser og beboernes parathed til at ændre adfærd, blev derfor undersøgt ud fra interviewundersøgelser. Disse undersøgelser havde ligeledes til formål at afdække om adgangen til indeklimadata samt de månedlige opgørelser havde nogen effekt på beboernes adfærd.

4 Beskrivelse af bygningerne

Forsøget blev gennemført hos Lejerbo, Egevolden 18 – 22, Hvidovre (Egevolden II) samt DEAS (Dan-Ejendomme) Hanebred 16 – 30, Vanløse.



Figur 1: Lejbos afd. Egevolden II, Hvidovre. Lejligheder i Egevolden 18 – 22, indgår i forsøget.

Bebyggelsen i Hvidovre (Lejerbo) er opført i 1970'erne, og består af lejligheder med 2, 3 og 4 værelser. Bebyggelsen har ikke installeret individuelle varmemålere, hvorfor de samlede udgifter til varme fordeles efter lejlighedernes størrelse.



Figur 2: DEAS afd. Hanebred i Vanløse. Lejligheder i Hanebred 16 - 30 indgår i forsøget.

Ejendommen i Vanløse (DEAS) er opført i 1930'erne, og består udelukkende af toværelses lejligheder. Ejendommen har oprindeligt været opvarmet med koks og/eller petroleumsovne. På et senere tidspunkt er det installeret centralvarme i ejendommen, hvor radiatorerne er placeret mod en indervæg i lejligheden (der hvor kakkelovnene har stået) og ikke, som sædvanligt under vinduerne.

5 Grænser for indeklimaklasser

I projektet blev indeklimaet opdelt i tre kategorier ud fra målingerne: Godt, Mindre godt/Kritisk og dårlig. Klassificeringen blev foretaget for de tre målte parametre: temperatur, relativ fugtighed og frisk luft (CO_2 koncentration). Beboerne fik således hver måned en opgørelse med tre smileyer for hhv. temperatur, fugt og frisk luft(CO_2).

5.1 opvarmningssæsonen

Tabel 1 viser smileyerne og grænserne for indeklimaklasserne for de tre parametre i opvarmningssæsonen. Grænserne for temperatur blev fastsat ud fra anbefalingerne for boliger i (DS/EN 15251 2007), dog med sænkede øvre temperaturgrænser, for at minimere energiforbruget.

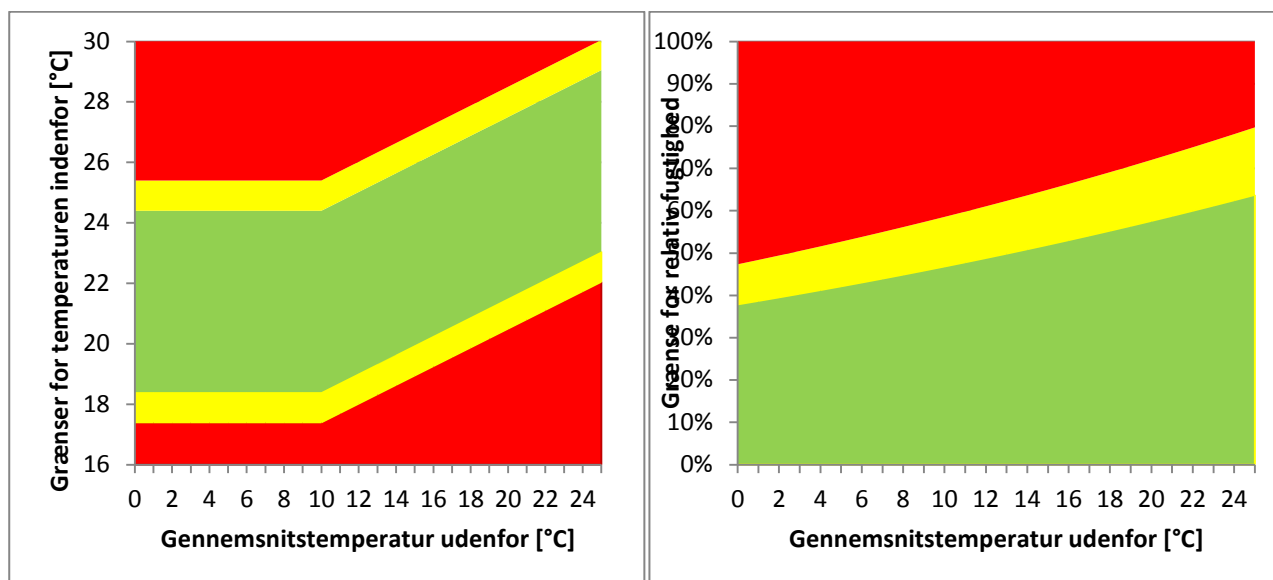
Grænserne for fugt blev fastsat ud fra ønsket om at nedsætte risikoen for skimmel og andre fugtproblemer i lejligheden. Grænsen for CO_2 koncentrationen blev fastsat ud fra (DS 3033 2011).

Tabel 1: grænser indeklimaklasserne i opvarmningssæsonen.

Indeklimaklasser	Dårlig	Mindre god/Kritisk	God	Mindre god/Kritisk	Dårlig
	☹️	😐	😊	😐	☹️
Temperatur °C	Under 17	17-19	19-22	22-24	Over 24
Relativ Fugtighed %			Under 45	45-55	Over 55
Frisk luft (CO ₂ indhold, ppm)			Under 800	800-1000	Over 1000

5.2 uden for opvarmningssæsonen

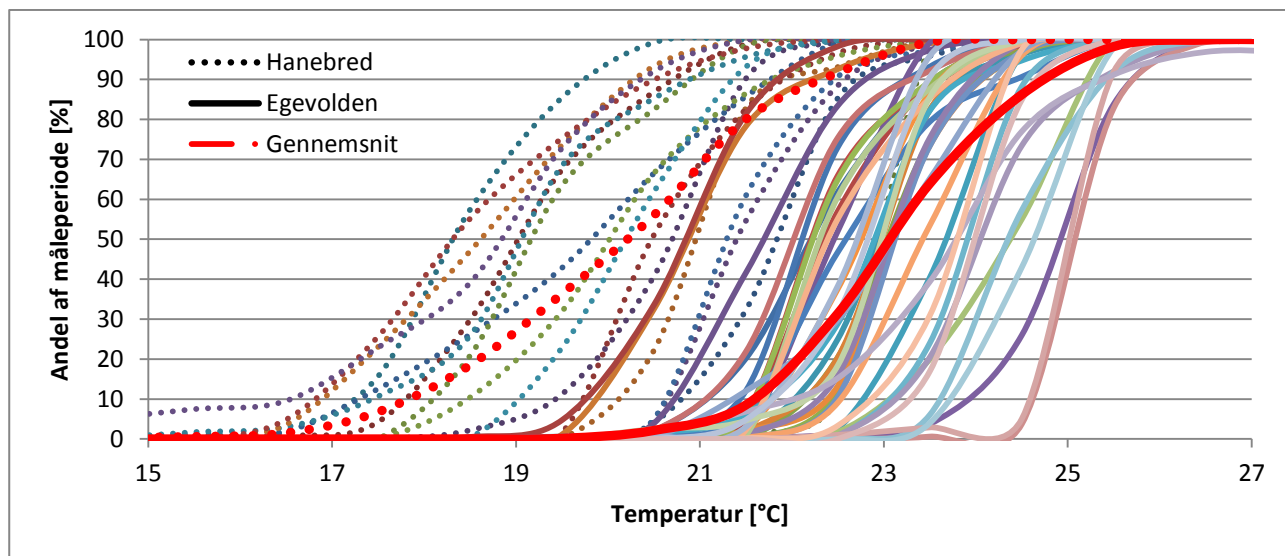
I de perioder af året, hvor der normalt ikke bruges rumopvarmning, ændrede grænserne for indeklimaklasserne sig som funktion af temperaturen udenfor. Grænserne for temperatur og relativ fugtighed lå fast for én måned ad gangen og var baseret på den gennemsnitlige udetemperatur i den sidste uge af den foregående måned (i juni blev grænserne f.eks. fastsat ud fra gennemsnitstemperaturen i den sidste uge af maj). Temperaturgrænserne blev fastsat ud fra (ASHRAE 55 2010), mens grænserne for fugt blev fastsat ud fra krav til fugtigheden i det koldeste punkt i lejligheden (se appendiks 1). Grænserne for temperatur og fugt uden for opvarmningssæsonen fremgår af Figur 3.



Figur 3: grænserne for indeklimatemperaturen og den relative fugtighed blev fastsat hver måned ud fra den gennemsnitlige udetemperatur i den sidste uge af den foregående måned.

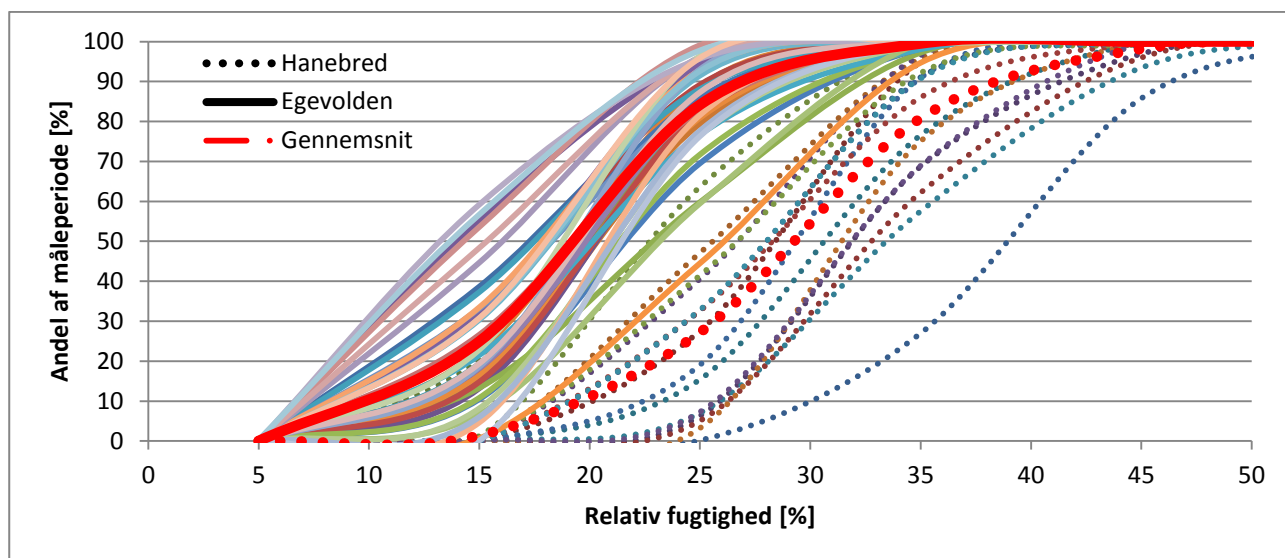
6 Målingerne i de to bebyggelser

Sammenligning af IC-meter målingerne i de to bebyggelser, viste at der i opvarmningssæsonen var markant lavere temperatur i Hanebred end i Egevolden – Figur 4, Figur 5 og Figur 6 er opgørelser af samtlige målinger i perioden fra 1. december 2012 til 30. april 2013. Om forskellene i temperatur skyldes fysiske forskelle i bygningerne eller at beboerne valgte lavere varmesetpunkt pga. forskellige varmeafregningsformer er svært at sige. Men resultaterne fra interviewene tyder på at forskellene i varmeafregning var den primære årsag.



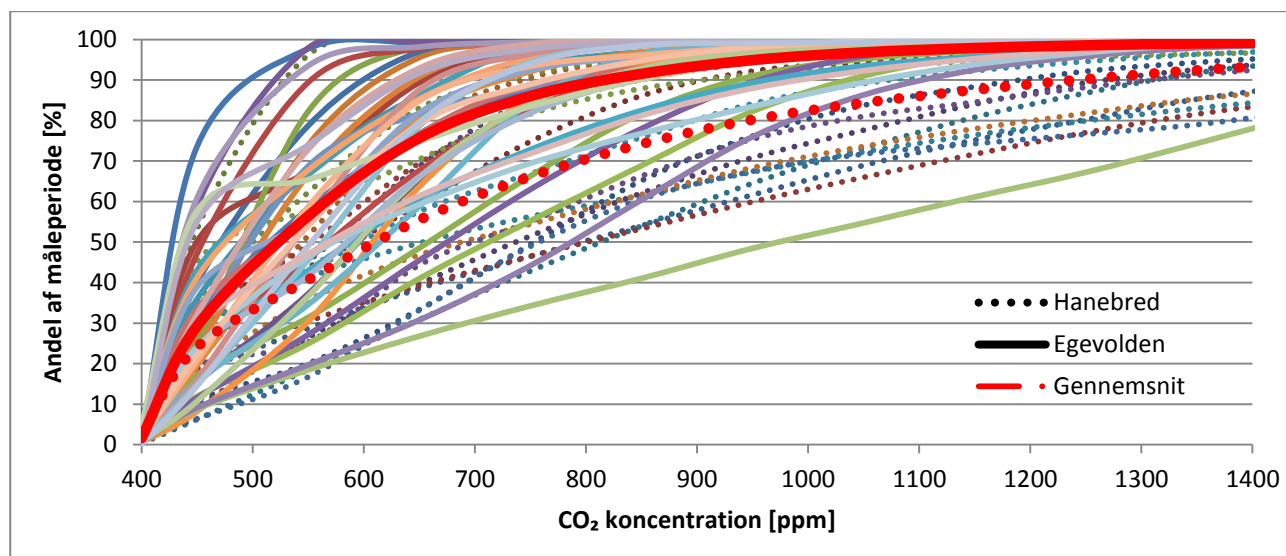
Figur 4: varighedskurver for temperaturerne i alle lejligheder, der deltog i projektet. Figuren angiver i hvor stor en andel af opvarmningssæsonen temperaturen var lavere end niveauet på x-aksen. De to røde kurver angiver gennemsnittet for alle lejligheder i Hanebred (stiplet) og Egevolden (fuld).

De lavere temperaturer i Hanebred resulterede i højere fugtbelastning i lejlighederne i Hanebred, set i forhold til lejlighederne i Egevolden.



Figur 5: varighedskurver for den relative fugtighed i samtlige lejligheder, der deltog i projektet. Figuren angiver i hvor stor en andel af måleperioden den relative fugtighed var lavere end niveauet på x-aksen. De to røde kurver angiver gennemsnittet for alle lejligheder i Hanebred (stiplet) og Egevangen (fuld).

Den gennemsnitlige CO_2 koncentration var højere i Hanebred end i Egevangen, hvilket kan være en indikation af et højere luftskifte. Dette blev bakket op af interviewene af udvalgte beboere, der viste at beboerne i Egevangen luftede mere ud end i Hanebred.



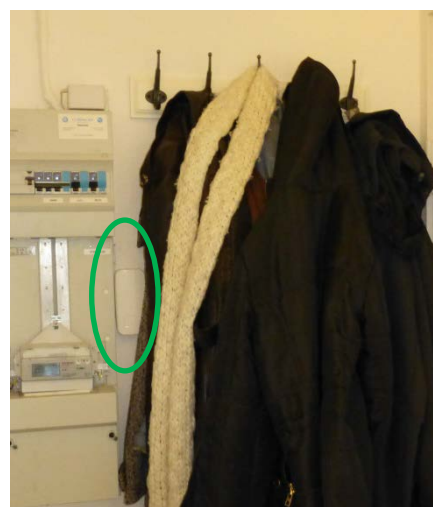
Figur 6: varighedskurver for CO_2 koncentrationen i samtlige lejligheder, der deltog i projektet. Figuren angiver i hvor stor en andel af måleperioden CO_2 koncentrationen var lavere end niveauet på x-aksen. De to røde kurver angiver gennemsnittet for alle lejligheder i Hanebred (stiplet) og Egevangen (fuld).

7 Detaljerede målinger fra udvalgte lejligheder

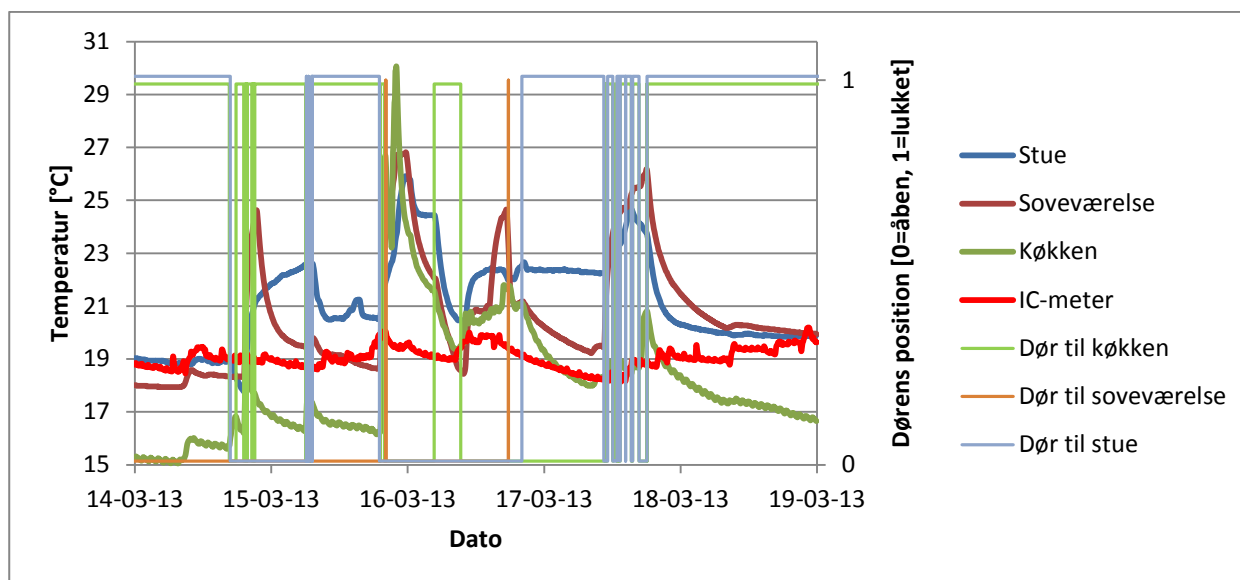
I de 10 udvalgte boliger, blev der, hvor det var praktisk muligt samt hvor beboerne var indforstået, installeret ekstra CO₂ -, temperatur- og fugtighedssensorer i alle lejlighedernes rum. Formålet med de detaljerede målinger var at undersøge om IC-meter målingerne gav et retvisende billede af forholdene i hele lejligheden. Til at måle CO₂ blev der brugt Vaisala GMW22 sensorer, som alle var kalibreret inden for den sidste måned. Til måling og logning af temperatur og relativ fugtighed samt datalogning af signalet fra CO₂ sensoren blev brugt Hobo U013 dataloggere. Sensorerne blev installeret i forbindelse med det første interview og taget ned ca. 1 uge efter. I enkelte lejligheder blev der installeret sensorer der registrerede om dørene imellem de forskellige rum i lejligheden var åbne eller lukkede. De detaljerede målinger kan ses i appendiks 2. her gennemgås først et eksempel der viser målingerne fra én lejlighed, hvorefter resultaterne fra alle de detaljerede målinger opsummeres.

Figur 8, Figur 9 og Figur 10 viser et eksempel på målinger af hhv. temperatur relativ fugtighed og CO₂ koncentration i samtlige rum i lejlighed 4 i Hanebred. Lignende figurer fra de andre lejligheder kan ses i appendiks 2. Temperaturen havde relativt store udsving i de forskellige rum i løbet af måleperioden. Disse udsving viser sig kun i ringe grad på IC-meter målingerne. F.eks. er den kraftige stigning og efterfølgende fald i temperaturen lige omkring midnat d. 15/16 marts ikke kommet med på IC-meter målingerne, selvom alle døre ud til entréen, hvor IC-meter boksen sad, stod åbne. En mulig forklaring kunne være at IC-meter boksen sad tæt på en knagerække i entréen. Hvis beboeren havde gæster lørdag d. 16. marts er det sandsynligt at deres overtøj har dækket for IC-meter boksen.

Omkring d. 17 marts forekom en periode, hvor døren mellem entréen og stuen var lukket. I denne periode var temperaturen i stuen væsentligt højere end i entréen. Det er altså muligt at "snyde" IC-meter temperaturmålingerne, ved at dække IC-meter boksen med tøj eller ved at holde døre lukket til det rum, hvor IC-meter boksen sidder. Dette viser sig dog ikke i forbindelse med smileyerne i Tabel 2, hvor temperaturmålingerne fra IC-meter resulterede i smileyer med samme farve som i de resterende rum i fem ud af otte tilfælde.

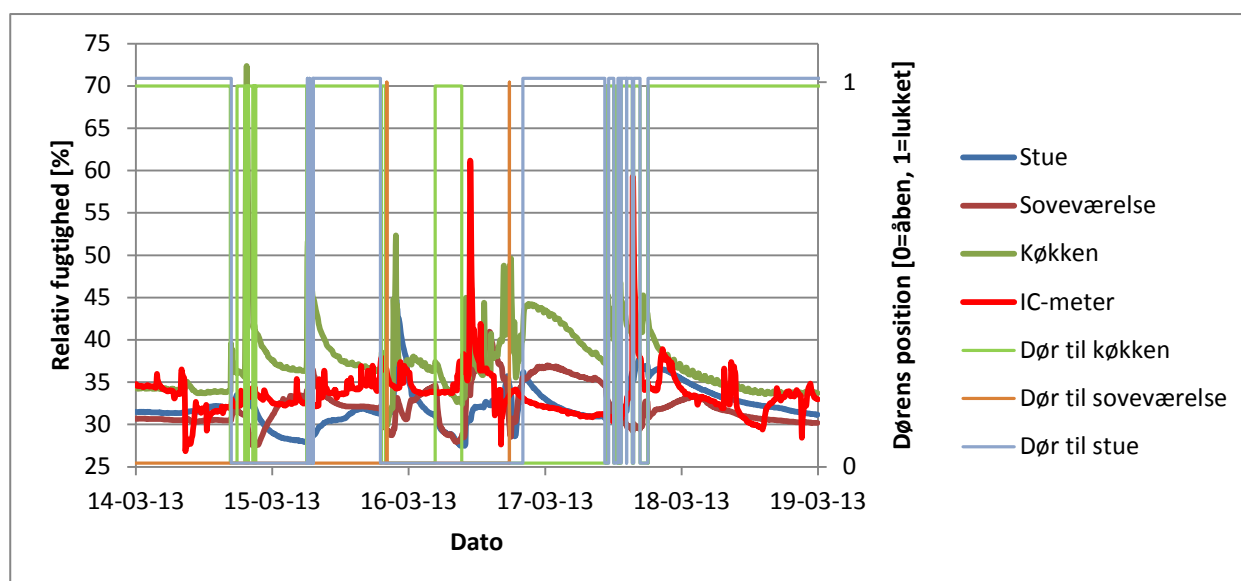


Figur 7: I nogle af lejlighederne var IC-meter boksen monteret, så der var risiko for at den blev dækket af overtøj. Den grønne ring markerer IC-meter boksen.



Figur 8: Temperaturmålinger i alle rum i en lejlighed i Hanebred.

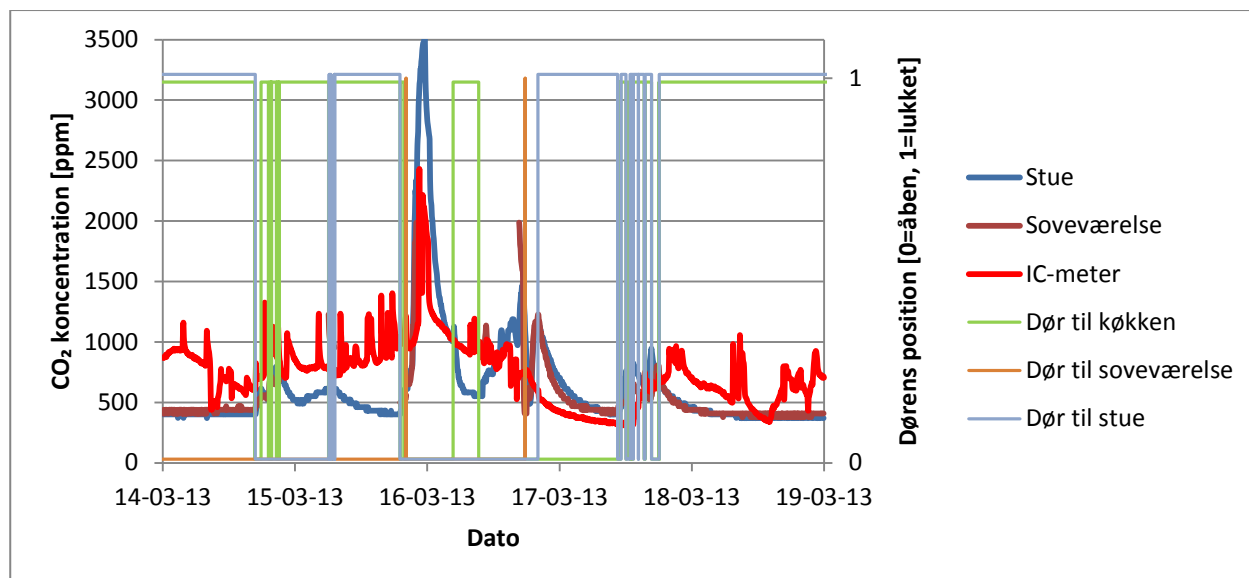
Den relative fugtighed var i korte perioder høj i køkkenet – formodentligt i forbindelse med madlavning (f.eks. d. 14. og 15. marts) – se Figur 9. Disse toppe blev ikke registreret af IC-meter boksen, men set over en længere periode, giver IC-meter målingerne et godt billede af den gennemsnitlige fugtbelastning i lejlighederne.



Figur 9: Målinger af relativ fugtighed i alle rum i en lejlighed i Hanebred.

Der er desværre ingen CO₂ målinger fra køkkenet, da beboeren tog stikket til CO₂ sensoren ud af stikkontakten. Det samme gjorde sig gældende i perioder i soveværelset. Den store stigning i CO₂ koncentrationen i stuen omkring midnat d. 15/16 marts, blev også registreret af IC-meter boksen i entréen, selvom den ikke nåede samme niveau. Overordnet set var IC-meters registreringer af CO₂ koncentrationen på nogenlunde samme niveau som i stuen og soveværelset.

I de perioder, hvor døren til stuen var lukket svingede CO₂ koncentrationen i entréen (IC-meter) i meget højere grad end den gjorde i stuen. I disse perioder, var CO₂ koncentrationen lav i stuen (tæt på 400 ppm), hvilket tyder på at der ikke opholdt sig mennesker i stuen. Havde der gjort det er det sandsynligt at CO₂ koncentrationen havde været meget højere i stuen end i entréen.



Figur 10: Målinger af CO₂ koncentration i en lejlighed i Hanebred. Der er ingen målinger af CO₂ i køkkenet, da beboeren slukkede for CO₂ sensoren. Sensoren i soveværelset var ligeledes slukket i perioder.

Tabel 2 er en opgørelse over gennemsnittet af målingerne i de enkelte rum. Opgørelsen viser hvilken en smiley lejligheden havde fået, hvis IC-meter boksen havde været monteret i soveværelset, stuen eller køkkenet samt farven på smileyen baseret på de faktiske IC-meter målinger. I lang de fleste lejligheder var der overensstemmelse mellem farven på smileyerne fra IC-meter og de resterende rum. Overordnet set, viser resultaterne at målingerne foretaget med IC-meter i entréen svarer til de gennemsnitlige forhold i lejlighederne, set over en periode på 1 til 2 uger. Det vurderes at det til det dynamiske varmeregnskab (der er baseret på månedsgennemsnit) vil være tilstrækkeligt med én IC-meter boks pr. lejlighed i etplanslejligheder på op til 4 værelser.

Tabel 2: opgørelse over smileys ud fra målinger i de forskellige rum. Smileernes farve er baseret på måleperioden i hver lejlighed. I nogle af lejlighederne var det ikke muligt at måle i alle rum og i enkelte tilfælde var der tekniske problemer, der gjorde at målingerne ikke blev foretaget tilfredsstillende.

	TEMPERATUR				RELATIV FUGTIGHED				CO ₂ KONCENTRATION			
	IC-meter	Stue	Køkken	Soveværelse	IC-meter	Stue	Køkken	Soveværelse	IC-meter	Stue	Køkken	Soveværelse
Egevolden 1	22.5	21.9		22.2	18	24		22	477	428		459
Egevolden 2		24.7		23.7		20		27		698		910
Egevolden 3	21.3	21.9	21.7	21.0	27	31	33	33	540	484	469	430
Egevolden 4	24.3	26.1	27.5	26.5	20	21	22	22	575	511	450	430
Hanebred 1	21.0		18.2	17.0	33		36	43	862			950
Hanebred 2	23.3	22.6		23.0	19	30		28	492	484		480
Hanebred 3	18.5	19.2	16.2	19.0	35	34	44	39	686	667	602	658
Hanebred 4	19.6	20.5	17.5	20.0	33	32	36	31	794	556		528
Hanebred 5	19.4	19.5			25	34			539	791		

8 Beboernes oplevelser

I projektet blev der i samarbejde med de lokale ejendomsfunktionærer udvalgt ti beboere til deltagelse i interviews samt detaljerede indeklimamålinger. Informanterne blev udvalgt, så de udgjorde en så bred repræsentation af beboersammensætning som muligt, hvilket blev forsøgt opfyldt ud fra ejendomsfunktionærernes kendskab til beboerne. Desuden indgik et hensyn til informanternes lejlighedstype i udvælgelsesprocessen, så flere lejlighedstyper blev repræsenteret i målingerne. Oprindeligt var det planlagt at udvælge fem informanter fra hver boligblok. På grund af praktiske hensyn blev udvælgelsen i sidste ende foretaget, så der indgik fire informanter fra Egevolden og seks informanter fra Hanebred. Interviewene blev alle foretaget i informanternes eget hjem i forbindelse med opsætning af måleudstyr til detaljerede indeklimamålinger.

Tabel 3: information om informanter samt lejlighedstype

Informant nummer	Køn	boligblok	Lejlighedstype – antal værelser
1	Mand	Hanebred	3
2	Kvinde	Hanebred	3
3	Kvinde	Hanebred	3
4	Kvinde	Egevolden	2
5	Kvinde	Egevolden	5
6	Kvinde	Hanebred	3
7	Mand	Egevolden	2
8	Kvinde	Egevolden	2
9	Kvinde	Hanebred	3
10	Kvinde	Hanebred	3

8.1 Fokus på varmemeforbrug/varmeregning

Der var stor forskel på informanternes syn på forbruget af varme og sammenhængen med indeklimaet. I Hanebred afregnes varme individuelt, hvilket gjorde at beboerne var fokuseret på at spare penge ved at spare på varmen. Sparehensynet var i visse tilfælde så stort at beboerne accepterede lave temperaturer i lange perioder. De fleste informanter (fire ud af fem) havde en bevidst strategi for at spare på varmen. Nogle af strategierne var i visse tilfælde præget af misforståelser og vidnede om at informanterne ikke forstod bygningens reguleringstekniske egenskaber. Til trods for denne spareriver var der kun én informant, der kunne svare på hvor meget hun betalte i varme (informant 9).

I Egevolden afregnes varme kollektivt ud fra lejemålets areal. Her var informanternes primære fokus at have et godt og behageligt indeklima. Nogle informanter forsøgte at bruge så lidt varme som muligt, men dette var drevet af politisk korrekthed, frem for økonomiske hensyn *”Man vil jo gerne gøre det rigtige”* [informant 8]. Beboerne i Egevolden var i meget højere grad fokuserede på eventuelle fugtproblemer. Ingen af informanterne havde en bevidst reguleringsstrategi for at spare på varmen. De fleste havde svært ved at se hvordan de kunne spare på varmen og overlod eventuelle sparertiltag til ejendomsfunktionærerne. *”Det er jo svært at styre (henviser til varmen). ... Det er jo gårdmændene og varmemesteren der styrer det. Det er jo fjernvarme”* [Informant 4].

8.1.1 Reguleringsstrategier i Hanebred

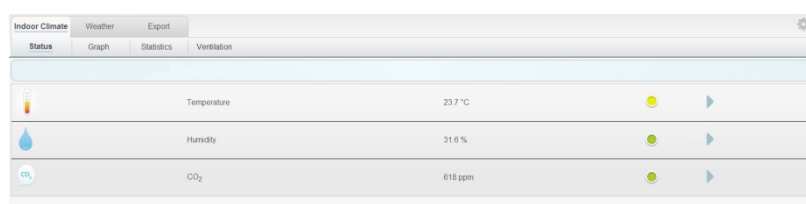
I Hanebred gik alle informanter op i at spare på varmen og de fleste (fire ud af fem) angav økonomiske hensyn som den primære årsag *”Jeg ved hvor dyrt det er at have varme på. Derfor skruer jeg ned alt det jeg*

kan - Jeg tænker virkeligt på at spare på varmen [Informant 3]”. Tre af informanterne påpegede at de havde svært ved at varme boligen op og én informant (informant 2) havde forsøgt at isolere indvendigt, ved at have tykt gulvtæppe og ved at stable opbevaringskasser langs ydervæggen. Informant 3 havde også overvejet at isolere gulvet, ved at lægge et mineraluldsprodukt og derefter et gulvtæppe oven på gulvbrædderne. Disse tiltag kan meget nemt føre til fugtproblemer i lejlighederne, da de bevirker at temperaturen på gulv og væg (bagved/under isoleringen) bliver lavere.

De tre informanter, der havde svært ved at varme lejligheden op, påpegede dog alle at der godt kunne blive varmt nok, hvis de indstillede termostaterne på 4 eller 5 og lod dem blive der i længere tid. Informant 2 havde desuden en elradiator i køkkenet, men brugte den ikke fordi hun mente at det var for dyrt. En anden informant (informant 3), tændte bageovnen i køkkenet, for at varme op, når hun havde gæster. Desuden flyttede hun spisebordet væk fra de kolde ydervægge, når hun havde gæster ”Man kan jo ikke sidde i nylonstrømper, når det er så koldt” [Informant 3].

Flere informanter brugte bevidste reguleringsstrategier, som efter deres overbevisning sparede på varmen. Men de fleste (tre ud af fire) udtrykte at de var i tvivl om strategien var den mest hensigtsmæssige ”Jeg ved ikke om det koster lige så meget at kører sådan nogle kurver (snakker om hvordan hun skruer op og ned for varmen) – om det er dyrere måske” [Informant 3]. Selvom alle informanter mente at deres reguleringsstrategier ville spare på varmen i forhold til en fast temperaturindstilling på termostaterne, var der flere af brugsmønstrene der var uhensigtsmæssige set fra et energimæssigt og fugtteknisk synspunkt:

De fleste beboere vidste ikke hvordan radiator termostater virkede og var usikre på hvordan de skulle bruge dem. Nogle brugte dem som ”kontakter”, dvs. at de udelukkende indstillede dem på højeste eller laveste niveau. Nogle troede at de



Figur 11: et eksempel på IC-meters webside. Den her del viser de aktuelle værdier.

virkede som en ”speeder”. Dvs. at de mente at rummet ville blive hurtigere varmet op, hvis termostaten var indstillet på 5 i stedet for 4. I én lejlighed (Informant 2) skruede beboeren helt ned for alle termostater om morgenen, når hun forlod lejligheden. Når hun kom hjem om eftermiddagen, skruede hun helt op. Ifølge hendes erfaringer var temperaturniveauet først behageligt om aftenen inden hun gik i seng. Til gengæld, blev det for varmt i soveværelset i løbet af natten. For at modvirke dette sov hun med åbent vindue. Strategier som denne giver hverken komfort eller energibesparelser, da den energi der er sparet i løbet af dagen går tabt som ventilationstab i løbet af natten. Desuden er der farer for fugtproblemer, da lejligheden står uopvarmet i dagstimerne. Informanten gav udtryk for at hun var blevet instrueret i at denne adfærd var energibesparende og var tydeligt frustreret over den manglende termiske komfort. Frustrationen gav sig bl.a. til udtryk i form af et udtalt ønske om at ejendomsfunktionæren skulle overtage alt styring af temperatur i lejemålet. Det er værd at bemærke at ønsket om at spare på varmen i dette tilfælde tilsyneladende vejede tungere end ønsket om en behagelig temperatur. Dette var symptomatisk for alle informanter i Hanbred.

8.1.2 Reguleringsstrategier i Egevolden

Informanterne i Egevolden var mere fokuseret på at have et behageligt og sundt indeklima end på varmemeforbruget. De var alle klar over at varmen blev afregnet kollektivt og forventede at eventuelle sparetiltag blev iværksat af ejendomsfunktionærerne og ejendomsadministrationen. Én informant havde haft problemer med træk og fortalte at hun havde fået efterisoleret for nogle år siden. De fem informanter gav alle udtryk for at de kun meget sjældent justerede på termostaterne. De havde alle et lavere varmesetpunkt i

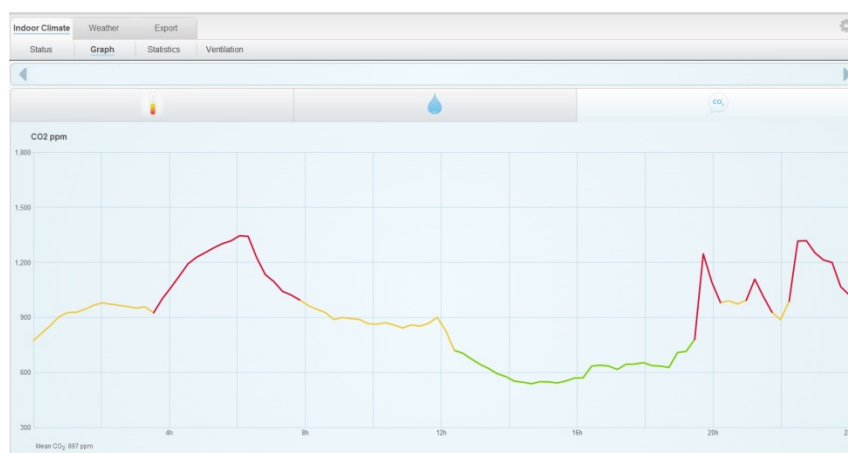
soveværelset end i stuen. De informanter, der sov med åbent vindue havde alle slukket helt for varmen i soveværelset. Fire ud af fem informanter havde fokus på at lufte ud for at holde fugtniveauet lavt i lejlighederne og tænkte i den forbindelse ikke over at forøget udluftning forårsager et højere varmekonsum.

Det øgede fokus på indeklima frem for energiforbrug i Egevolden medførte at informanternes adfærd var langt mere hensigtsmæssig end i hanebred, set fra et fugtteknisk synspunkt.

8.2 Behov for råd og vejledning

De fleste informanter udtrykte en klar interesse i oplysninger om deres indeklima samt i vejledninger om hensigtsmæssig adfærd – specielt udluftningsadfærd. Mange beboere udtrykte at de var i tvivl om deres nuværende adfærd var ”god nok” og ville gerne have dette bekræftet gennem målingerne. De fleste informanter fik i løbet af perioden smileyer, der ikke var grønne. Dette affødte i visse tilfælde frustration, da informanterne ikke vidste hvad de skulle gøre for at få grønne smileyer den følgende måned. På bagsiden af månedsopgørelserne var der generelle råd om regulering af indeklimaet, men samtlige informanter gav udtryk for at disse råd var for generelle og udtrykte ønske om mere specifikke råd til hvad de kunne gøre for at få grønne smileyer. Dette gjaldt for smileyen der angav relativ fugtighed, luftkvalitet og i nogen grad for temperaturen.

Alle informanterne i Hanebred havde kigget på smileyerne i deres månedsopgørelser og kunne korrekt gengive farven på dem. I Egevolden derimod, var det kun én informant (informant 8), der havde kigget på og forstået månedsopgørelserne. De resterende informanter i Egevolden, havde alle kigget på månedsopgørelserne, men var noget usikre på hvad der blev målt og hvad smileyerne repræsenterede. To



Figur 12: Et eksempel på hvordan indeklimadata vises på IC-meter websiden. Den her del viser udviklingen i CO₂ koncentrationen over dagen.

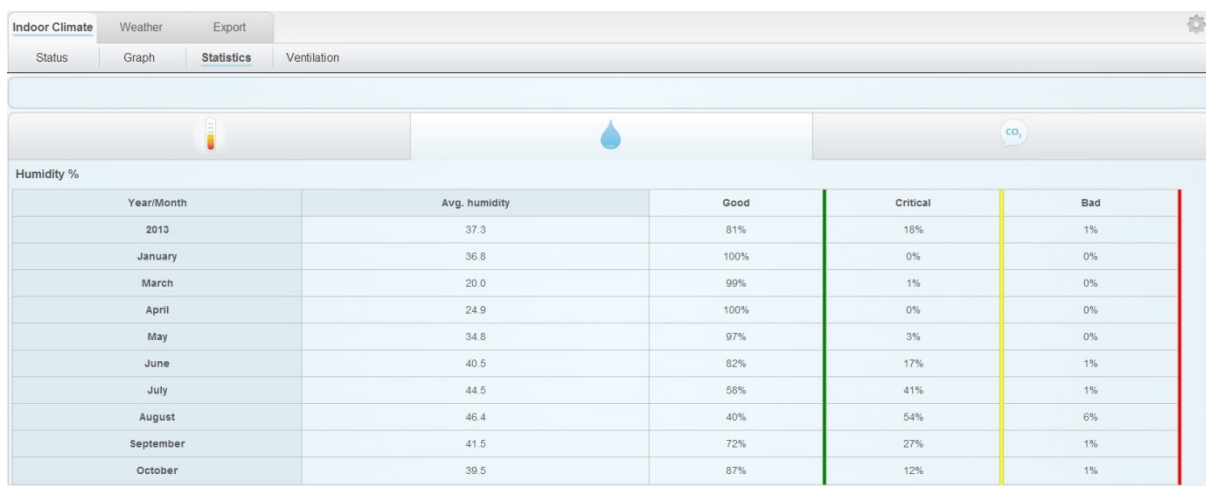
informanter udtrykte at de var ligeglade med månedsopgørelserne. De så dem generelt som reklamer som de hurtigt kiggede igennem, hvorefter de blev smidt ud. Informant 4 havde haft svært ved at forstå konceptet i månedsopgørelserne og havde dermed en lidt ligegyldig opfattelse af dem. ”Jeg synes da det er meget sjovt at følge med. Men altså, jeg kan jo sådanset ikke gøre så skrækkeligt meget mere ved det end jeg gør, vel” [Informant 4]. Denne opfattelse kunne evt. hænge sammen med at hendes syn ikke var så godt, hvilket gjorde at hun skulle anstrenge sig for at læse månedsopgørelserne.

Langt de fleste informanter – selv dem der var usikre på hvad smileyerne angav – gik op i farven på smileyerne. Flere gav udtryk for at smileyordningen føltes som en karakter i skolen – de ville gerne have grønne smileyer, fordi det betød at de gjorde det rigtige. ”Jeg er glad når jeg er der (peger på de grønne smileyer) ellers kigger jeg på temperaturen og på de andre tal... så er jeg glad når jeg gør det rigtigt.” [informant 9].

Flere forsøgte at finde årsagerne, hvis de havde fået en gul eller rød smiley og mange gav udtryk for at de havde forsøgt at ændre adfærd. F.eks. havde informant 6 fået gul frisk luft smiley, hvilket medførte følgende kommentar: ”*Det var noget med den der frisk luft der ikke var så god herinde. Og det var faktisk en måned hvor vi havde haft rigtig meget besøg i weekenderne. Der har vi jo så ikke fået luftet ud sådan rigtigt fordi det var småbørn og sådan noget. Altså, det gav egentligt meget god mening at det ikke havde været så god luft herinde. Og så tænker man da over det til en anden gang. Måske lige, når de er ude at gå en tur eller et eller andet måske lige at åbne vinduet for at få lidt frisk luft ind.*” [informant 6].

Men i flere tilfælde var informanterne i tvivl om hvad de skulle gøre for at ændre på smileyerne, hvilket førte til frustration. Informant 10 havde fået to gule frisk luft smileyer i træk. ”*Det er da noget jeg har tænkt en del over. Altså, jeg vil jo gerne være politisk korrekt og have grønne smileyer. ... Jeg har prøvet at have mere åbne vinduer, når vi har gæster. ... Men den blev ikke grøn næste måned. ... Men hvad jeg ellers skulle gøre. Det ved jeg faktisk ikke. Jeg kunne sagtens bruge nogle flere fifs.*” [informant 10].

Informant 3 og informant 8 havde diskuteret smileyerne med deres naboer og havde forsøgt at finde frem til årsagerne til forskellige smileys. Diskussionerne havde resulterede i at udluftningsvanerne var blevet ændret, hos den part, der havde de dårligste smileys. Altså resulterede målingerne og månedsopgørelserne i at beboerne forsøgte at finde frem til en Best practice samt at regulerer indeklimaet efter denne. Dette interessante resultat blev observeret i begge bygninger.



Figur 13: Et eksempel på hvordan indeklimadata vises på IC-meter websiden. Den her del viser en månedsstatistik over fugtmålinger.

8.3 Reaktionen på det dynamiske varmeregnskab

Alle informanterne fortalte at de var følsomme overfor pris og erklærede at de i højere grad ville forsøge at ændre adfærd, hvis de fik gule eller røde smileyer hvis dette var forbundet med en ekstra regning. ”Jeg ville måske lufte lidt mere ud – måske højst en til to gange om dagen, men jeg ville ikke skrue ned for varmen. (taler om hvad hun ville gøre, hvis hun fik røde smileyer)” [informant 3]. Generelt var informanterne mere villige til at ændre på udluftningsadfærden end på termostatindstillingerne og gav udtryk for at det var mere besværligt og gav anledning til større diskomfort at ændre på adfærden mht. termostatindstillinger end på udluftningsadfærden. Dette betød at de fleste var uvillige til at ændre termostatindstillingerne, hvis de fik gule eller røde temperatur smileyer ”Jeg gider ikke gå at fryse bare fordi den skal være grøn (taler om temperatursmileyen)” [informant 1]. ”Så ville jeg opdage - skal vi sige - at der er for mange

ubehageligheder forbundet med det i forhold til hvordan det var før” [informant 7]. Det viste sig at prisen for varmen spillede en stor rolle, for hvis informanterne skulle betale ekstra for gule eller røde smileyer var de fleste villige til at ændre på reguleringen af temperaturen. ”Hvis det havde økonomisk effekt, ville jeg da nok gøre nogle ting anderledes. Hvis ikke, er jeg ikke sikker på at jeg ville. ... Jeg ville tænke over det, hvis der kom en super rød smiley. Det ville nok få mig til at tænke mig om. Altså jeg tænke mig om, men jeg ved ikke om det ville ændre mine vaner – jo det ville det måske nok. Men det er klart det økonomiske incitament, der ville være det største.” [informant 3]. Selvom beboerne i Ege volden ikke var så fokuserede på at skære på varmen viste villigheden til at ændre på temperaturen, hvis smileyerne havde økonomiske konsekvenser, sig i begge bebyggelser. ”jeg tror i hvert fald i et stykke tid, ville jeg nok lytte til de der smileys, hvis jeg skulle betale.” [informant 9].

Mht. prisfølsomheden mente samtlige informanter at en prisforøgelse på 15 % og 30 % for hhv. gule og røde smileyer, var tilstrækkelig til at de ville ændre adfærd. ”Jeg kan jo ikke bruge hele mit liv på at rende og skrue på varmeapparater og smide i de rigtige affaldsbeholdere. Jeg gør det til en vis grænse og så heller ikke mere. ... det er sku økonomien der gør det – det er der du. ... Man skal kunne mærke det. (taler om prisforøgelse på 15 % og 30 %).” [informant 3].

8.4 Opfattelse af IC-meters web løsning og månedsopgørelser

Alle beboere fik i starten af projektet tilsendt et brugernavn og kodeord, så de kunne tilgå målingerne fra deres egen lejlighed på IC-meter hjemmesiden – se eksempler i Figur 11, Figur 12 og Figur 13. Det blev gjort klart at hjemmesiden kan ses fra en smartphone, en tablet eller en computer. Halvdelen af informanterne (én informant fra Ege volden og fire informanter fra Hanebred) havde mindst én gang logget på, for at kigge på målingerne fra deres lejlighed. To informanter syntes det var for besværligt at logge på hjemmesiden og fortalte at de ikke ville benytte sig af hjemmesiden. Tre informanter havde haft en positiv oplevelse og var efterfølgende begyndt i højere grad at interessere sig for deres indeklima.

Der var stor forskel på hvor tit informanterne kiggede på hjemmesiden. To informanter kiggede mindst én gang om ugen, mens den sidste informant, der brugte hjemmesiden regelmæssigt, loggede på ca. én gang om måneden. De havde alle tre eksperimenteret med deres adfærd (åbnet og lukket døre og vinduer samt justeret termostater) for at undersøge effekterne på de målte parametre. I to af tilfældene, havde dette resulteret i en ændring af praksis: Informant 10 havde observeret at temperaturen i lejligheden var 16 °C, når termostaterne var indstillet på 3. dette medførte at hun indstillede dem på 4, hvilket resulterede i 19 °C til 20 °C. Hun havde planer om at rette henvendelse til udlejer med henblik på at få efterisoleret og havde tænkt sig at bruge IC-meter målingerne som dokumentation for at det ikke er muligt at varme lejligheden op uden store økonomiske ulemper.

9 Konklusion

Detaljerede indeklimate målinger viste at IC-meter målingerne fra Entréen gave et retvisende billede de gennemsnitlige forhold i lejlighederne. Baseret på målingerne vurderes det at det til det dynamiske varmeregnskab (der er baseret på månedsgennemsnit) vil være tilstrækkeligt med én IC-meter boks pr. lejlighed i etplanslejligheder på op til 4 værelser.

Sammenligning af samtlige IC-meter målinger viste at der i opvarmningssæsonen var markant lavere temperatur og højere relativ fugtighed i Hanebred (Individuel varmeanregning) end i Ege volden (kollektiv varmeanregning). Desuden var CO₂ koncentrationen i Hanebred højere end i Ege volden. Om de registrerede forskelle skyldes fysiske forskelle i bygningerne eller beboernes adfærd er svært at sige. Men resultaterne fra interviewene tyder på at forskellene i varmeanregning var den primære årsag.

Interviews af ti informanter afdækkede følgende konklusioner

- Informanterne var generelt interesserede i oplysninger om deres indeklima samt i vejledninger om hensigtsmæssig adfærd
 - Mange informanter udtrykte at de var i tvivl om deres nuværende adfærd var ”god nok”
- Halvdelen af informanterne (5) havde forsøgt at kigge på data, der var tilgængelig på hjemmesiden.
 - Af dem, havde tre haft en positiv oplevelse og havde eksperimenteret med deres adfærd. Dette førte i to tilfælde til ændringer i deres daglige praksisser.
- De fleste informanter kiggede på månedsopgørelserne og reagerede, hvis opgørelsen viste at de målte parametre lå uden for anbefalingerne.
 - Mange af informanterne var i tvivl om hvad de skulle gøre i sådanne tilfælde og efterspurgt mere konkrete vejledninger.
- Informanterne havde et meget ringe kendskab til eget energiforbrug.
- Varmeanregningsformen viste sig at have afgørende betydning for informanternes fokus på eget varmekonsum samt de anvendte reguleringsstrategier.
 - Informanter med kollektiv varmeanregning fokuserede på at have et komfortabelt og sundt indeklima.
 - Informanter med individuel varmeanregning var fokuseret på at spare på varmen. Dette fokus samt manglende/forkert vejledning resulterede i visse tilfælde i u hensigtsmæssige reguleringsstrategier, der førte til ukomfortable tilstande med et højt energiforbrug og forøget risiko for fugtproblemer.
- Alle informanter erklærede at deres reguleringsstrategi ville ændre fokus, hvis det dynamiske varmeregnskab blev implementeret, så de skulle betale ud fra IC-meter målingerne i stedet for den nuværende varmeanregningsform.

10 Referencer

ASHRAE 55, 2010. ASHRAE 55-2010 Thermal Environmental conditions for Human Occupancy.

DS 3033, 2011. DS 3033 Frivillig klassificering af indeklimaets kvalitet i boliger , skoler , daginstitutioner og kontorer. , pp.1–38.

DS/EN 15251, 2007. DS/EN 15251 Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet , termisk miljø , belysning og akustik.

Appendiks 1: Krav til Relativ fugtighed uden for opvarmningssæsonen

Grænserne for den relative fugtighed er defineret ud fra en antagelse om at den laveste indendørs overfladetemperatur er defineret som $1/3$ af temperaturen udenfor plus $2/3$ af den målte indendørstemperatur. Dvs.

$$t_v = \frac{1}{3}t_u + \frac{2}{3}t_i \quad (1)$$

Hvor, t_v er vægtemperaturen på det koldeste sted, t_u er udetemperaturen og t_i er indetemperaturen.

Så alle lejligheder får de samme grænser, har vi valgt at bruge 22°C som indetemperatur (t_i) for alle perioder og for alle lejligheder, uanset om dette stemmer overens med målingerne. Som udetemperatur bruges et gennemsnit af temperaturen over den seneste uge i sidste måned.

Der bruges følgende indices:

- i - indendørs forhold. Dvs. de forhold IC-meter sensoren måler
- u - udendørs forhold
- v - forhold ved det koldeste punkt på væggen

Klasserne for fugtigheden på væggen koldeste sted er defineret så skimmelproblemer undgås. I laboratoriet kan der vokse skimmel på træ, hvis den relative fugtighed (RH) overstiger 85%. Hvis et område tidligere har været angrebet, er grænsen 72%. I praksis viser det sig dog at skimmel kan vokse ved en kuldebro, når den lokale relative fugtighed er over 75% i længere perioder [1]. I selve rummet var RH mellem 55% og 60% og her blev der ikke observeret problemer. Ud fra ovenstående bruger vi 75% som gul/rød grænse og 60% som grøn/gul grænse. Dvs. at man får en gul smiley, hvis den lokale RH overstiger 60% og en rød smile, hvis RH overstiger 75%, på den koldeste væg.

Opgave består nu i at beregne hvad dét har af konsekvenser for den målte relative fugtighed, som måles på en indervæg i lejligheden.

Den relative fugtighed er defineret som:

$$RH = \frac{P}{P_m} \quad (2)$$

Hvor, RH er den relative fugtighed, P er damptrykket og P_m er damptrykket for mættet vanddamp.

Man må gå ud fra at damptrykket ved sensoren og ved det koldeste punkt er ens. Dvs:

$P_i = P_v$, hvilket medfører at

$$RH_i = \frac{P_i}{P_{m,i}} = \frac{P_v}{P_{m,i}} \quad (3)$$

Ud fra formel 2 fås at $P_v = RH_v \cdot P_{m,v}$. Vi angiver grænsen for RH_v (60% eller 75%). I det følgende eksempel bruger jeg 60%:

$P_v = 0,6 \cdot P_{m,v}$. Indsættes dette i (3) fås:

$$RH_i = 0,6 \cdot \frac{P_{m,v}}{P_{m,i}} \quad (4)$$

Damptrykket af mættet vanddamp afhænger af temperaturen i Kelvin på følgende måde [2]:

$$P_m = \frac{e^{77,3450 + 0,0057 \cdot T - \frac{7235}{T}}}{T^{8,2}} \quad (5)$$

Grænserne for den målte relative fugtighed (RH_i) fås altså ved først at beregne temperaturen ved væggen ud fra (1). Derefter beregnes mætningstrykket ved væggen ($P_{m,v}$) og ved sensoren ($P_{m,i}$) ud fra (5). Når disse indsættes i (4) fås grænserne for den målte relative fugtighed.

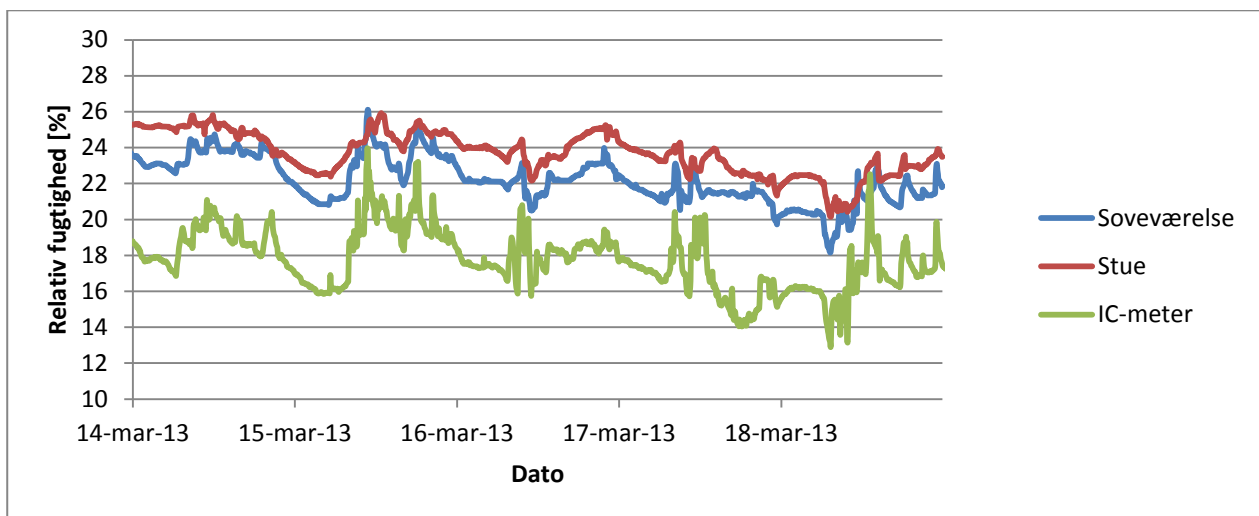
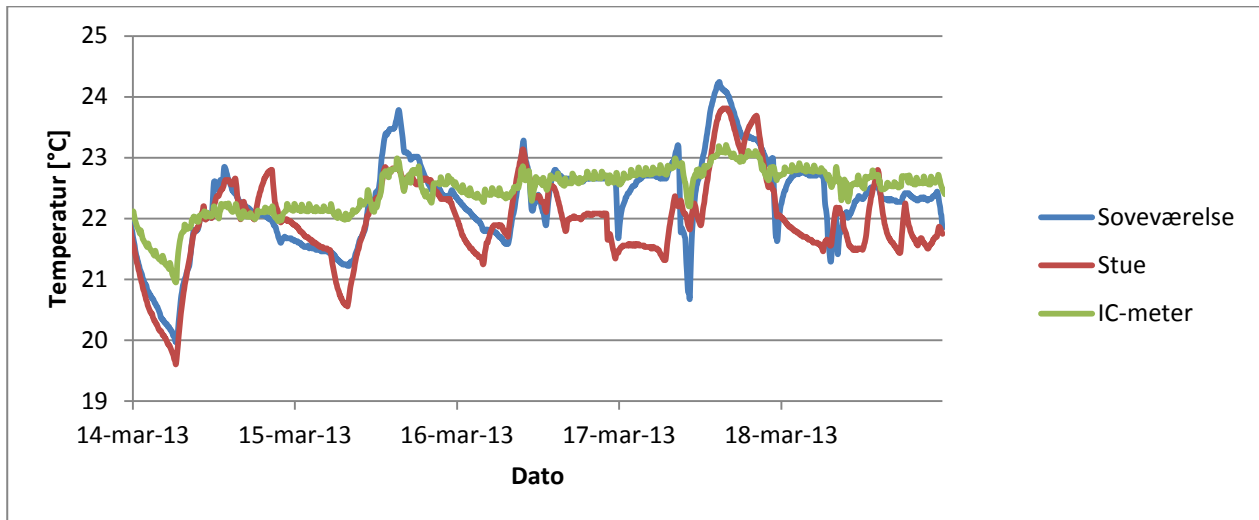
Jeg har lavet et regneark med eksempler på beregningerne. Her ses at hvis den gennemsnitlige udetemperatur i løbet af den seneste uge i sidste måned var 10 °C og indetemperaturen er 22 °C, så er grænsen for en gul smiley 47% mens den er 59% for en rød smiley.

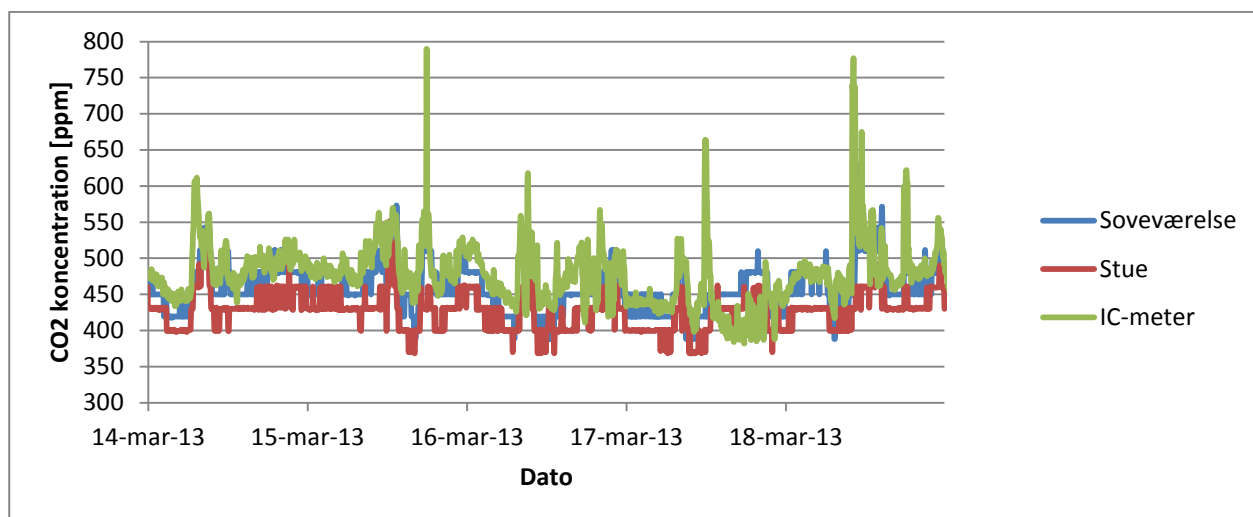
Referencer

1. præsentation fra Birgitte Andersen, sendt pr. mail d. 31 maj 2013.
2. http://www.engineeringtoolbox.com/water-vapor-saturation-pressure-air-d_689.html besøgt d. 30 maj 2013

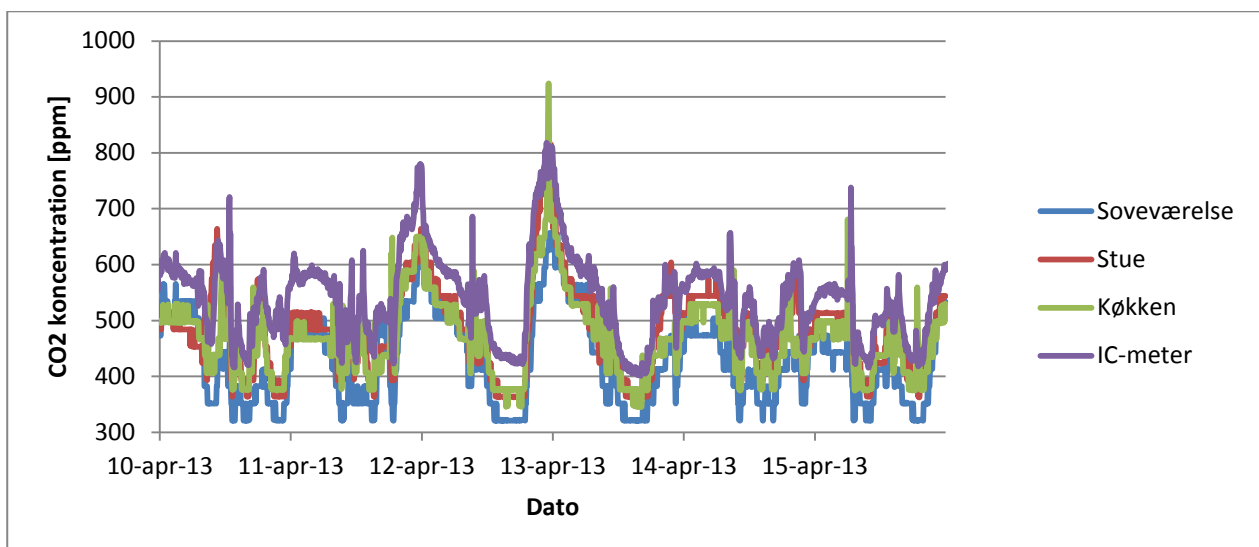
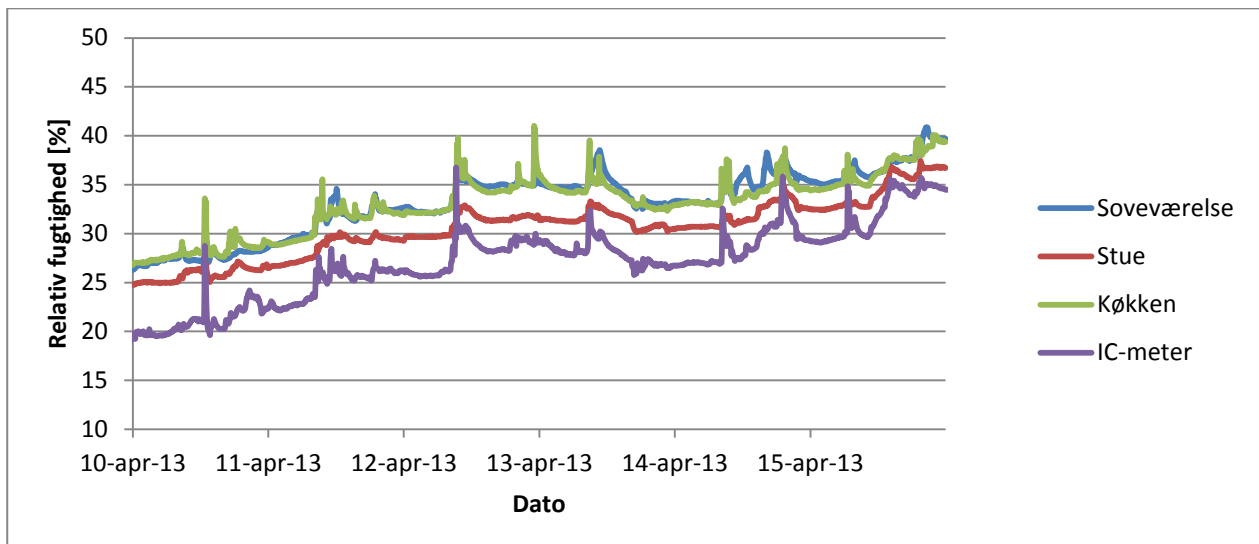
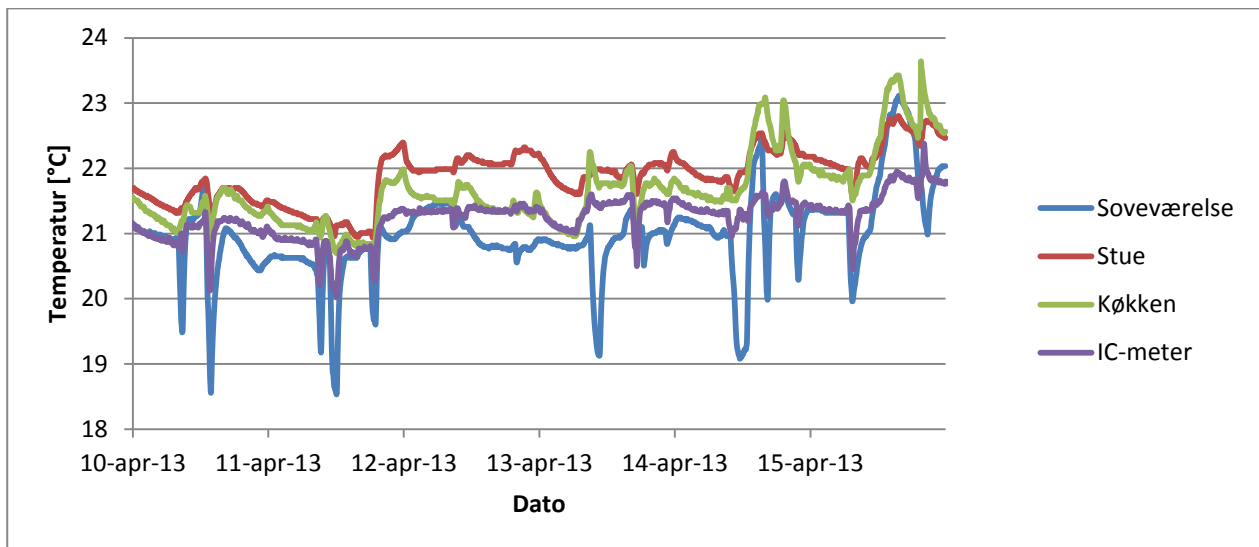
Appendiks 2: Detaljerede målinger fra udvalgte lejligheder

Egevolden 1

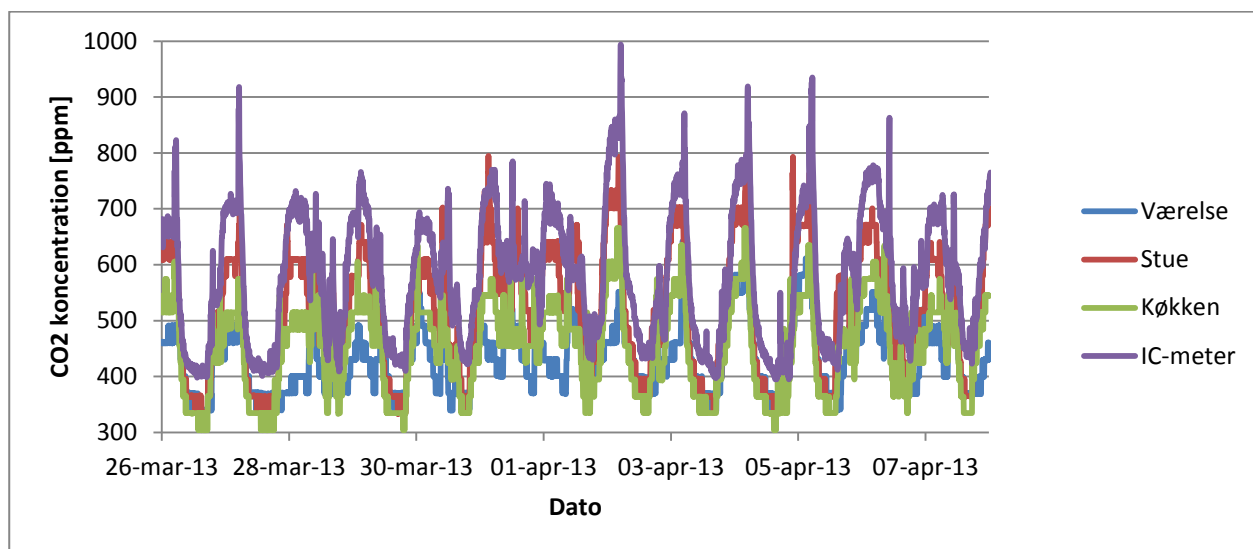
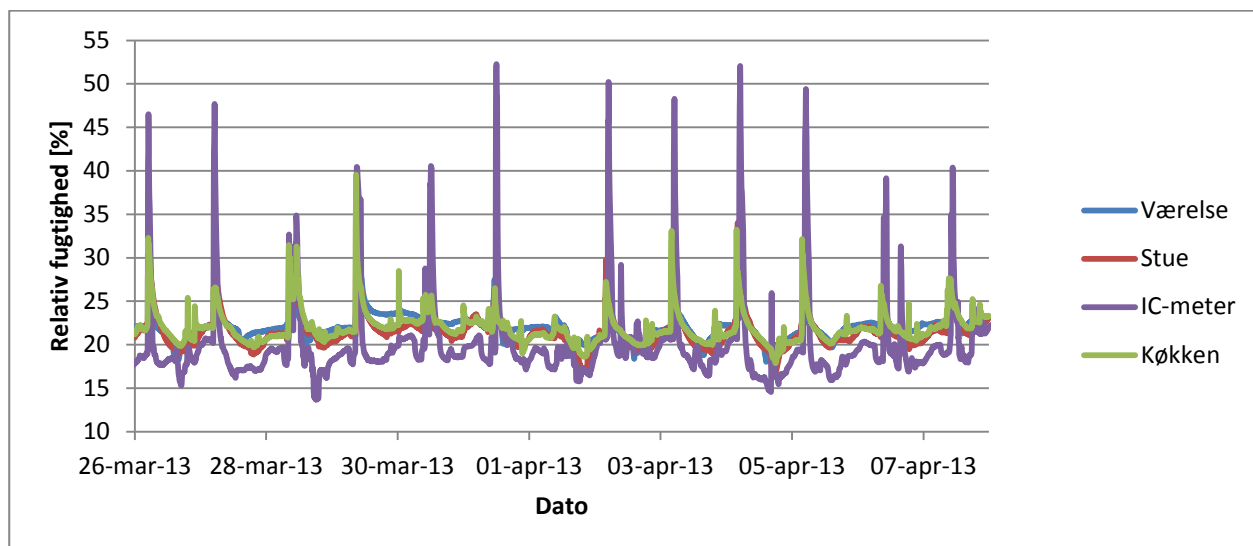
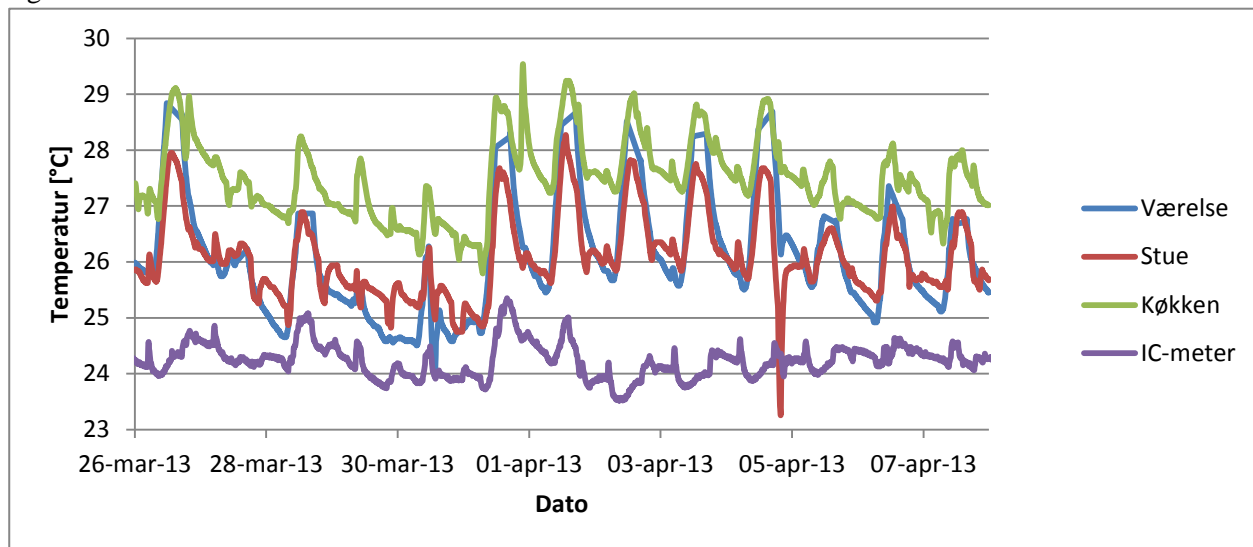




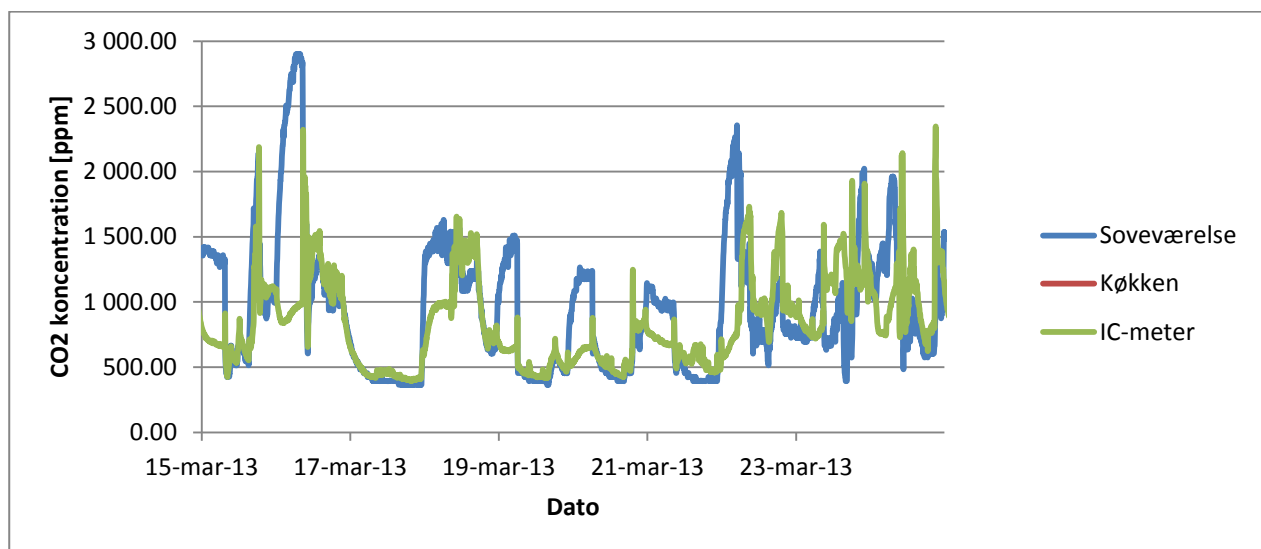
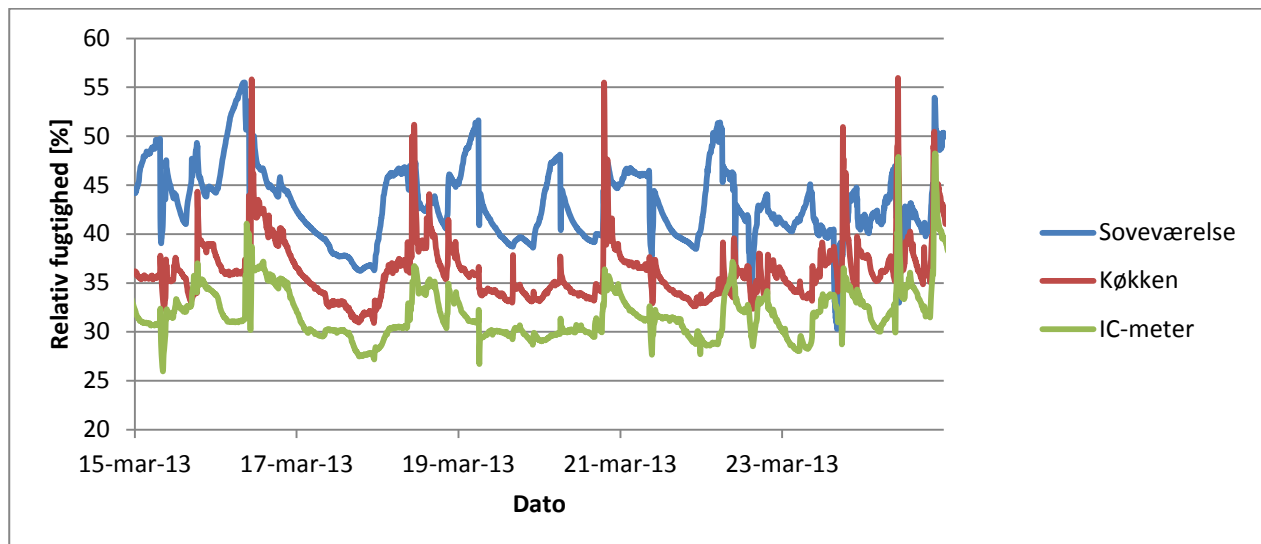
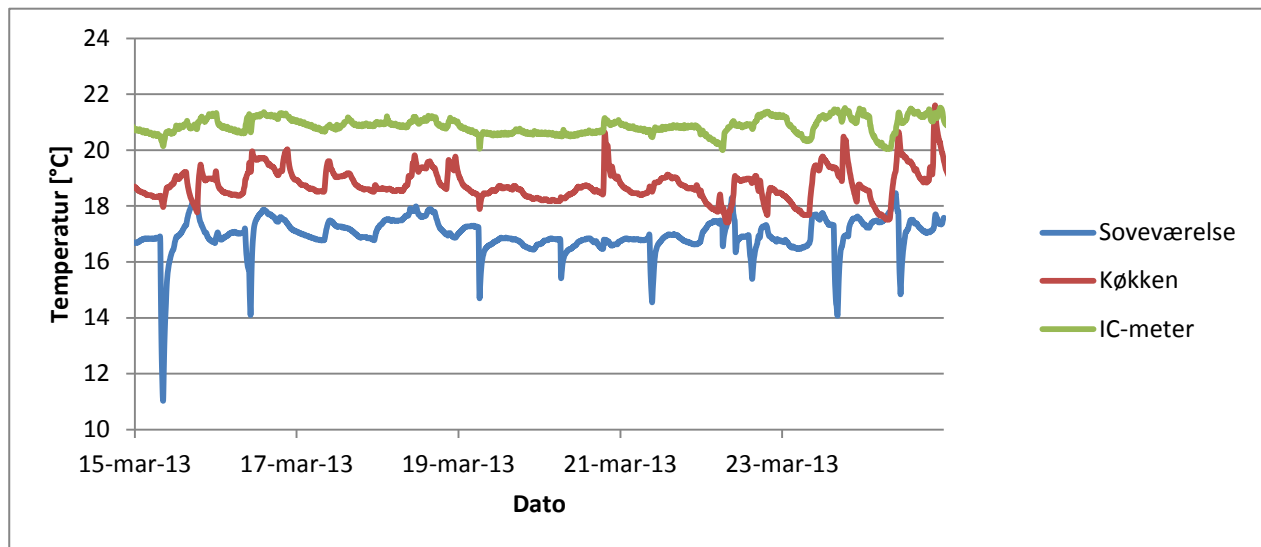
Egevolden 3



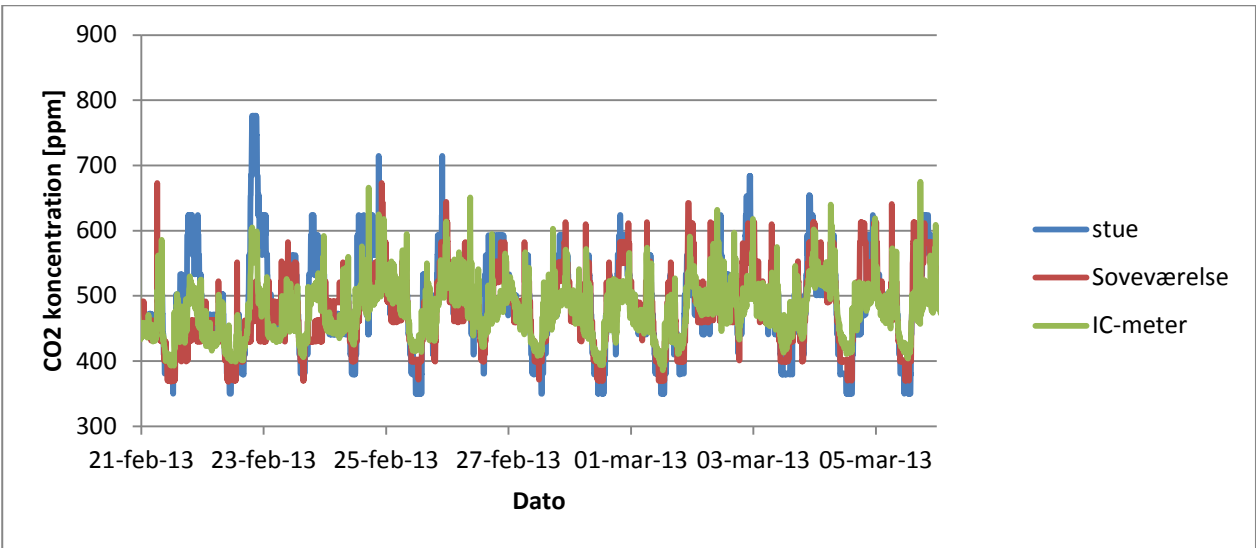
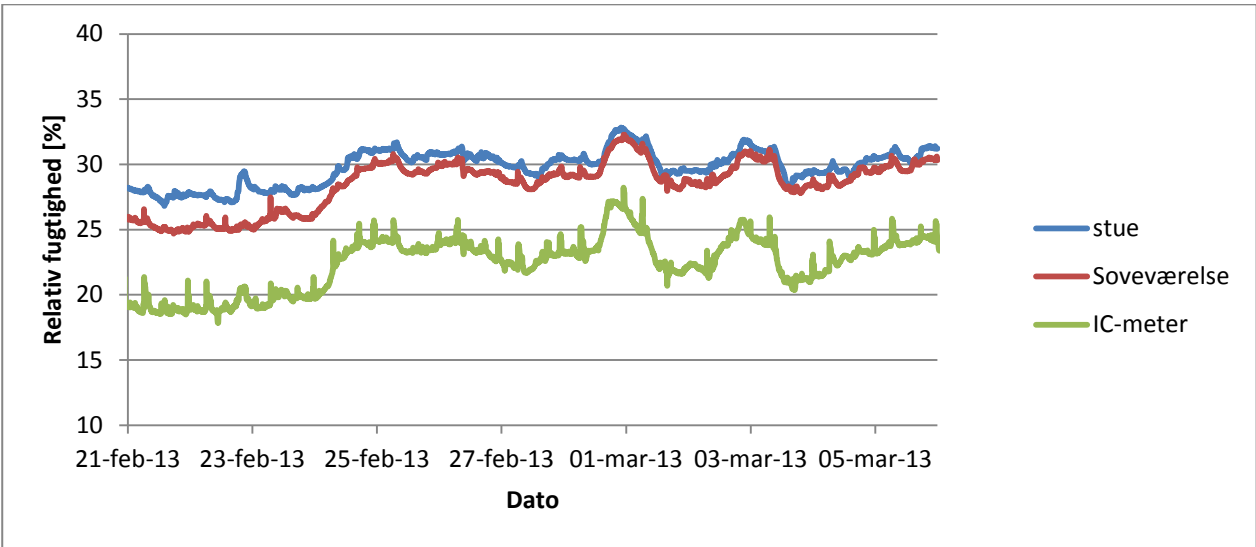
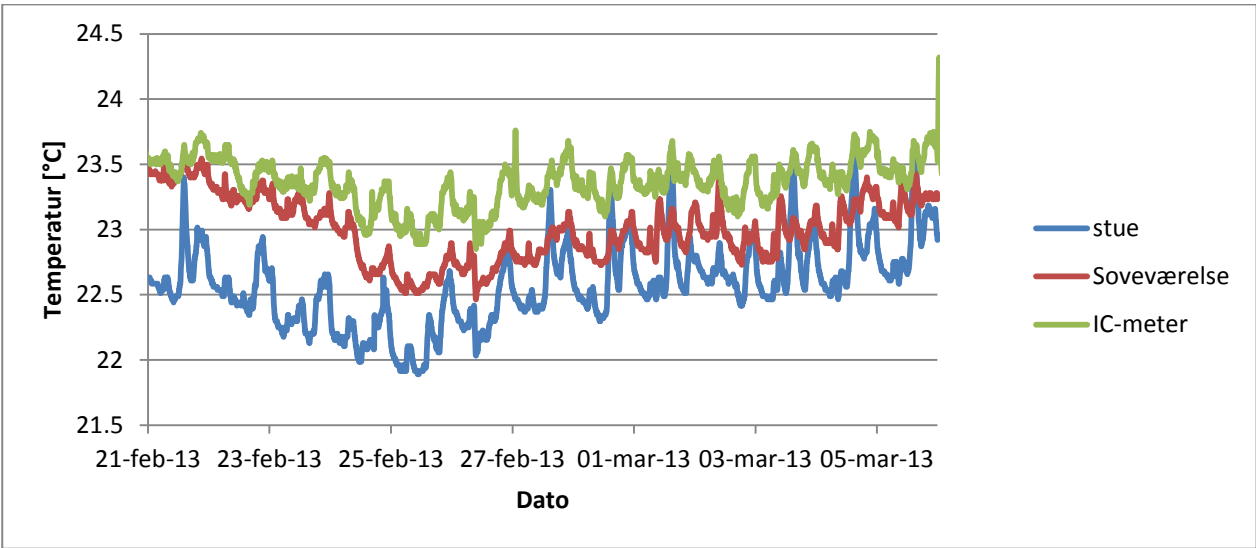
Egevolden 4



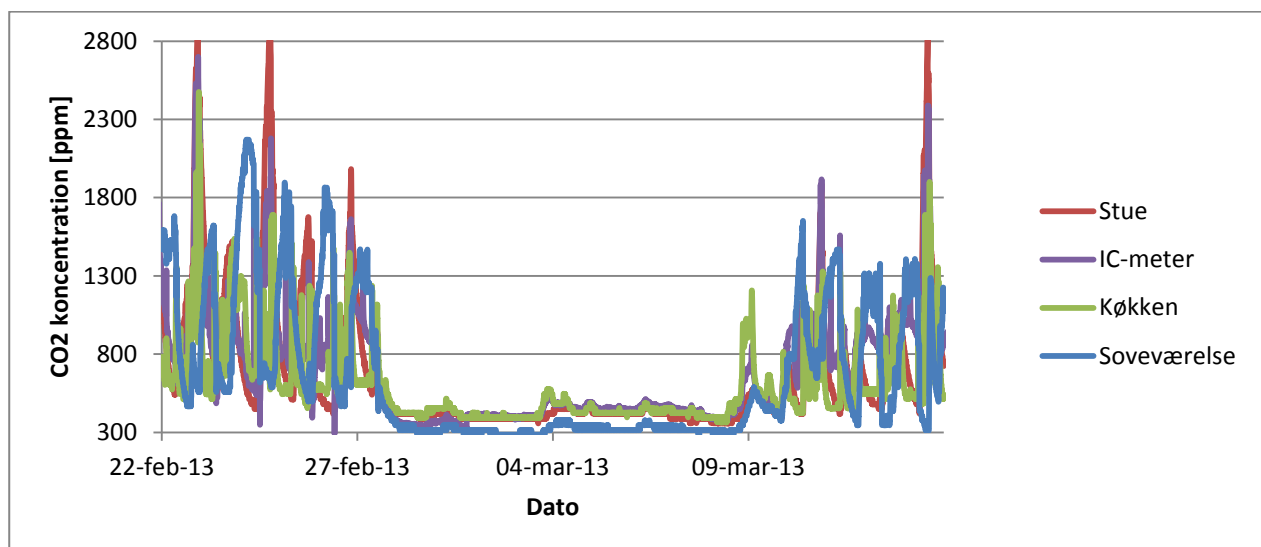
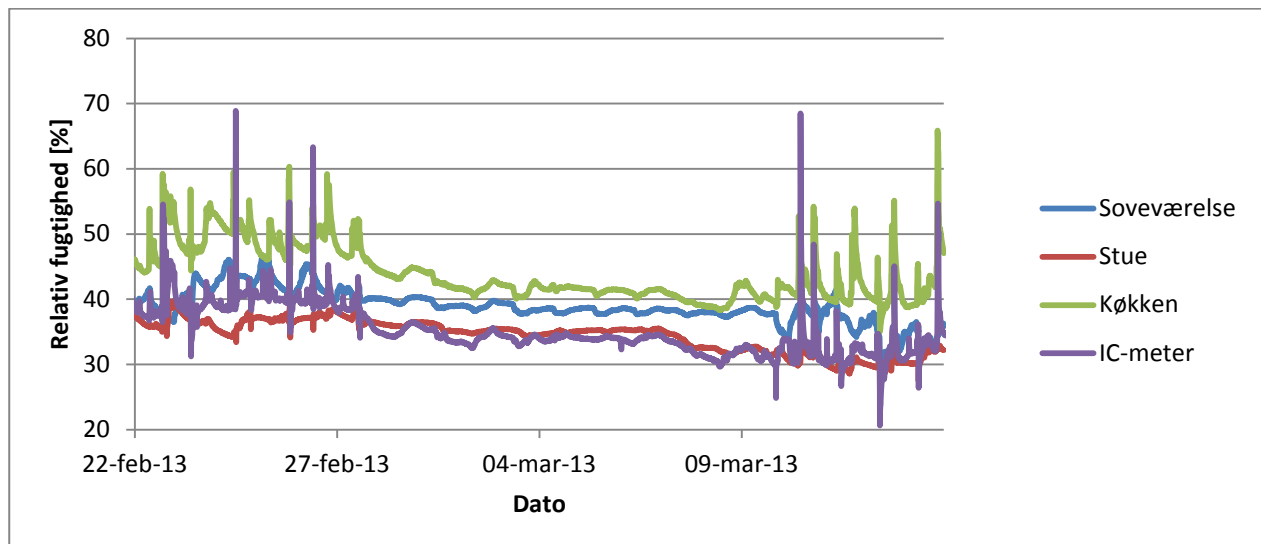
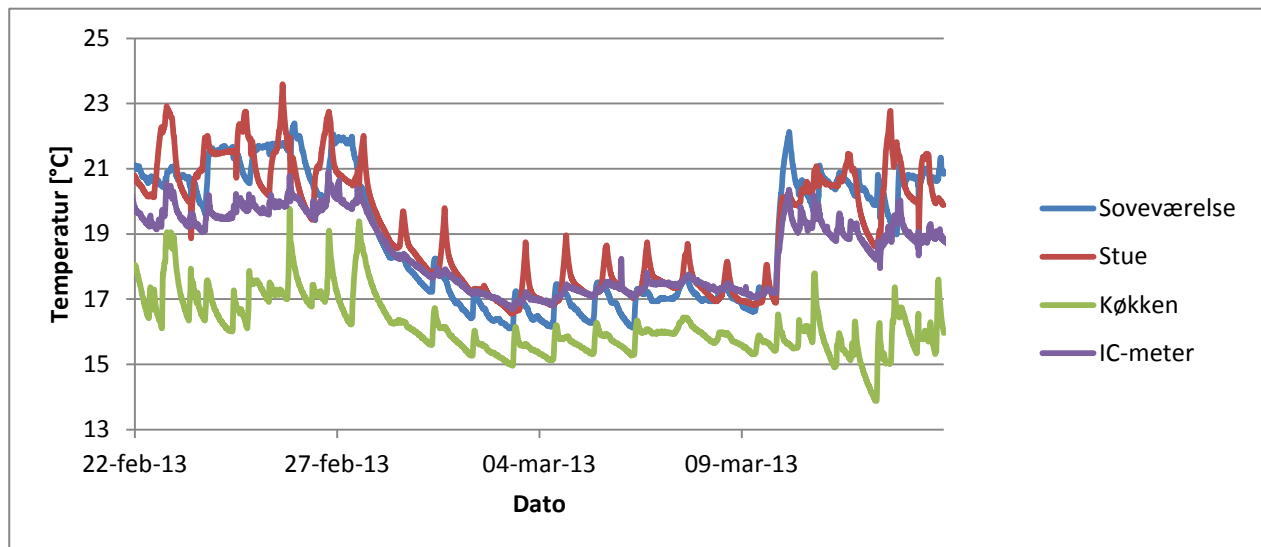
Hanebred 1



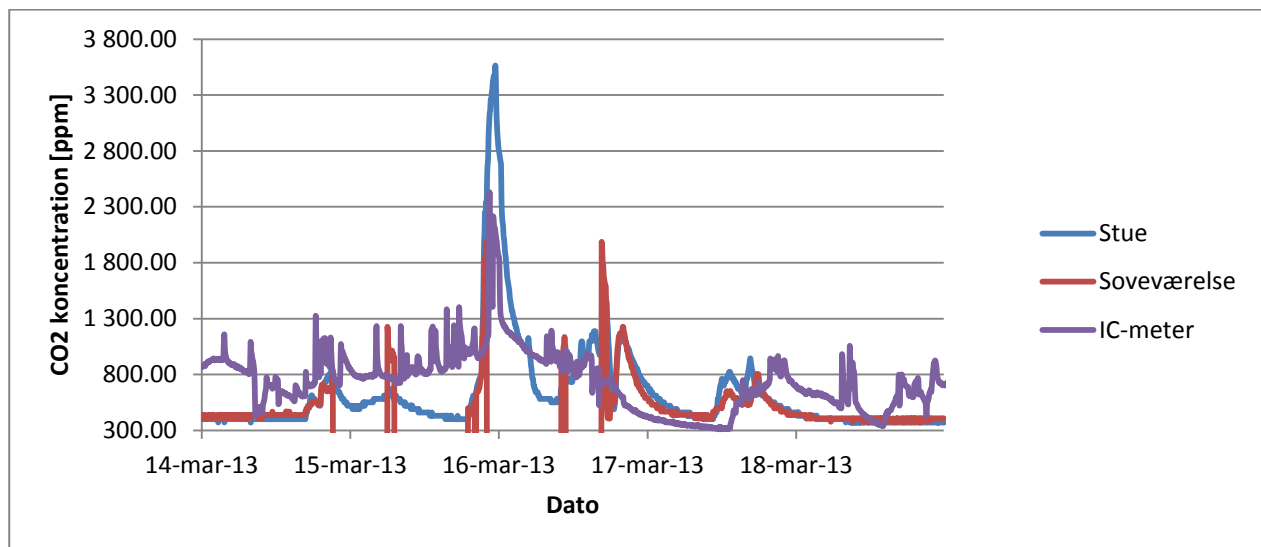
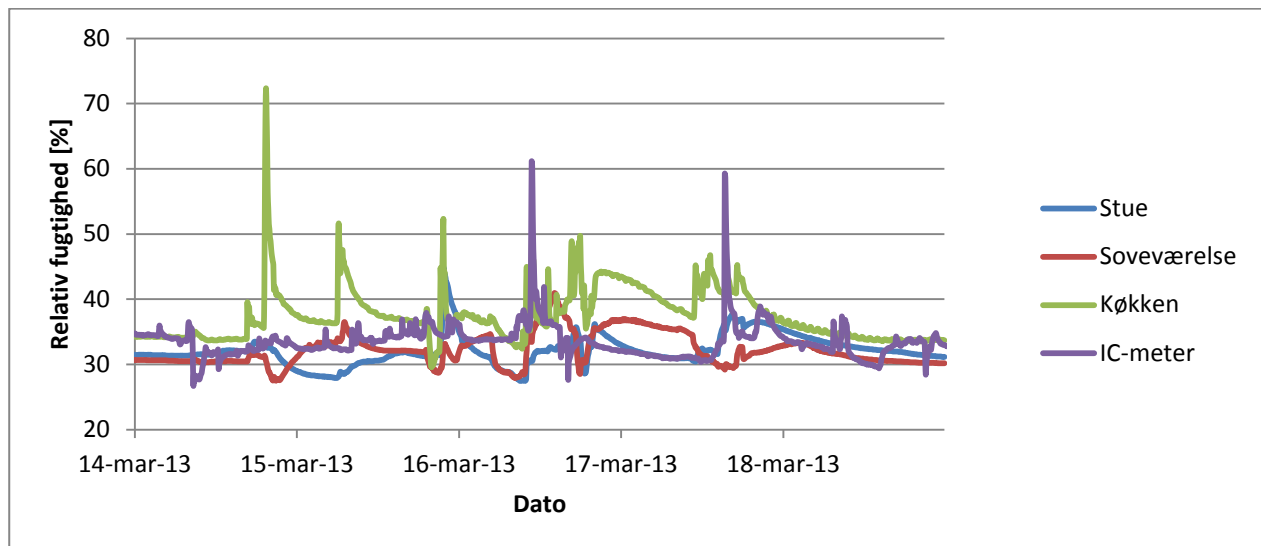
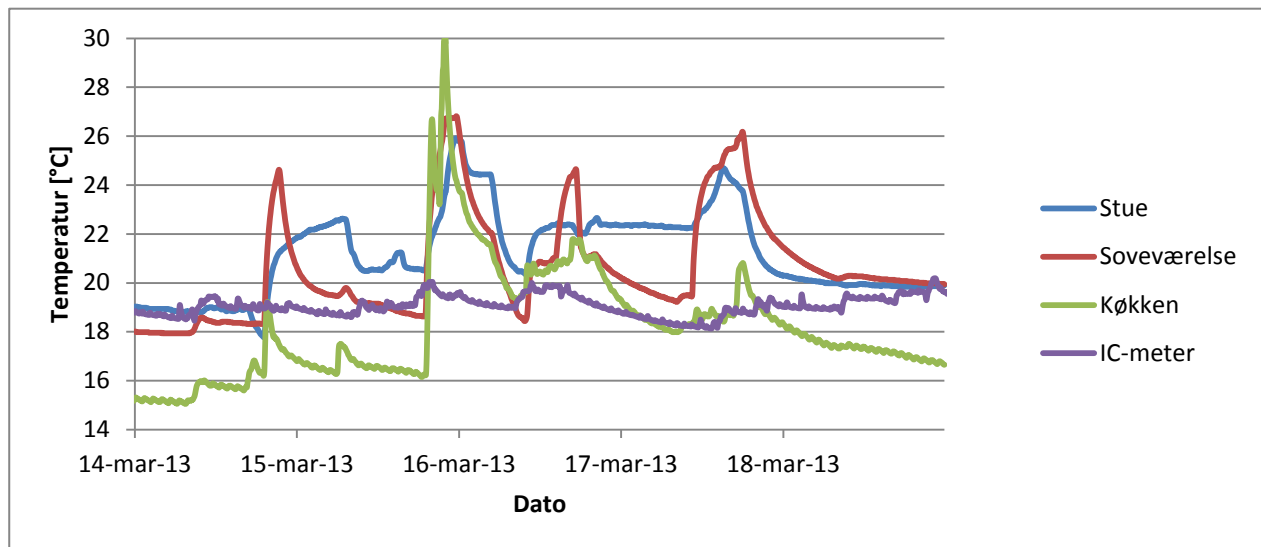
Hanebred 2



Hanebred 3



Hanebred 4



Hanebred 5

